

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-12930

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>  
G 01 L 1/18  
5/16

識別記号

庁内整理番号  
7409-2F  
7409-2F

⑬ 公開 昭和63年(1988)1月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 力検出素子

⑮ 特 願 昭61-157521

⑯ 出 願 昭61(1986)7月4日

⑰ 発 明 者	江 口 裕 俊	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
⑱ 発 明 者	泉 耕 二	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
⑲ 発 明 者	太 田 英 一	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	株式会社リコー内
⑳ 出 願 人	株 式 会 社 リ コ ー	東京都大田区中馬込1丁目3番6号	
㉑ 代 理 人	弁理士 榊 山 亨	外1名	

明 細 書

発明の名称

力検出素子

特許請求の範囲

絶縁性起歪体と、この絶縁性起歪体の表面に、  
ピエゾ抵抗体薄膜パターンとして絶縁性起歪体と  
一体に形成された歪センサーと、上記表面に高導  
電性薄膜パターンとして上記絶縁性起歪体と一体  
に形成されたリード部と、を有し、

上記絶縁性起歪体がセラミックで構成されてい  
ることを特徴とする力検出素子。

発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は力検出素子に関する。

(従来技術)

力検出素子は、起歪体と呼ばれる弾性体の弾性  
変形を利用して、起歪体に作用している力や、モ  
ーメントを検出する素子であって、産業用ロボッ  
トのリストセンサーや荷重測定装置、操舵装置や  
操縦装置等に関連して知られ、種々のものが提案

されている。

力やモーメントの検出は電気的に行なわれる。  
すなわち、起歪体表面の所定の位置に、電気抵抗  
性の歪センサーが設けられる。起歪体に力やモー  
メントが作用して起歪体が弾性変形すると、歪セ  
ンサーは起歪体と共に変形し、この変形による歪  
センサーの抵抗値が変化することになる。この抵  
抗値の変化を電気的に検出することによって起歪  
体のひずみ量が知られ、このひずみ量にもとづい  
て、起歪体に作用している力やモーメントが知ら  
れるのである。

ところで、従来知られている力検出センサーに  
は、改良の方向として、大別すると次の二つの方  
向がある。すなわち、その一つは検出精度の向上  
であり、他は製造の容易化である。

力検出センサーにおける検出精度は、歪センサ  
ーのゲージ率によって定まる。歪センサーの抵抗  
値および長さを、それぞれ、 $R$ 、 $L$ とし、長さ $L$   
が $\Delta L$ だけ変形により変化したときの抵抗値変化  
を $\Delta R$ とすると、ゲージ率 $G$ は、

$$G = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L}$$

で定義される。ここで、 $\frac{\Delta L}{L}$  は変化率すなわち、ひずみ(εで表す)であり、力検出素子に使われる歪センサーではεの変化は $10^{-4} \sim 10^{-3}$ の範囲である。ゲージ率Gは、歪センサーの変形量と、変形に伴う抵抗値変化との関係を定める量であり、当然、ゲージ率Gが大きいほど、力の検出精度が高くなり、より精細な力検出が可能となる。また、検出感度が高くなれば、起歪体は、剛でコンパクトな構造が選べることになる。

ところで、例えば、特開昭58-118930号公報、特開昭59-75104号公報、特開昭59-231431号公報等に提案されている力検出素子では、歪センサーとして金属箔歪センサーが用いられており、このため、検出精度の向上が望めない。これは、金属の抵抗率ρが、変形によって変化しないため、ゲージ率Gが、2ないし3という極めて低い値しかとれないということによる。

一方、力検出素子の製造に関しては、実公昭54-11903号公報、実公昭54-21021号公報、特開昭

であって、その目的とするところは、製造が容易であり、かつ、検出精度の高く、剛でコンパクトな構造とすることが可能な新規な力検出素子の提供にある。

#### (構成)

以下、本発明を説明する。

本発明の力検出素子は絶縁性起歪体と、歪センサーと、結線用のリード部とを有する。そして、本発明の特徴とするところは、以下の2点にある。

すなわち、その第1は、歪センサーと、結線用のリード部とが、絶縁性起歪体の表面に、薄膜パターンとして、絶縁性起歪体と一体的に形成され、上記歪センサーがピエゾ抵抗体薄膜であり、リード部が高導電性薄膜であることである。

第2は、絶縁性起歪体がセラミックで構成されていることである。

歪みセンサーとリード部とが、絶縁性起歪体の表面に薄膜パターンとして形成されるとは、歪センサーとリード部とを含むパターンを、絶縁性起歪体表面に薄膜技術により形成することを意味す

58-95433号公報等に、起歪体と歪センサーを別々に作製し、歪センサーを起歪体表面に貼着するという製造方式が開示されている。しかし、この製造方式では、歪センサーの貼付作業や結線等が面倒であり、力検出素子の作製は必ずしも容易でない。また、かかる方式で製造された力検出素子は、その検出精度が、歪センサーの貼着位置精度や、接着剤の種類、結線精度等に左右されるため、検出精度が各固体ごとにばらつき易いという問題もある。

また、起歪体としては金属製のものが従来一般に用いられてきた。金属製の起歪体はその加工に時間がかかり、このことが力検出素子の製造容易化へのひとつの支障となっていた。また、金属製の起歪体はそれ自体が導電性であるため、歪センサーを設けるにあたっては、起歪体表面を絶縁加工する必要がある、このことも製造容易化への支障となっていた。

#### (目的)

本発明は上述の如き事情に鑑みて成されたもの

る。かかる特徴により、力検出素子の作製は、従来の貼付法に比して大幅に簡便化され、製造上の精度も向上する。

また、歪センサーを構成するピエゾ抵抗体薄膜は、ひずみと抵抗値変化の直線性が良く、ゲージ率Gの温度依存性が低く、ゲージ率Gの経時変化も少ない。また、ゲージ率Gは、金属製の歪センサーのそれに比して1オーダー高く、従って、従来の金属箔歪センサーを用いる力検出素子に比して1オーダー高い検出精度が期待でき、その分起歪体のコンパクト化が図れる。

なお、ピエゾ抵抗体薄膜の材料としては、アモルファスシリコン(a-Si)、マイクロクリスタルシリコン(μc-Si)、ポリシリコン(poly-Si)、アモルファスゲルマニウム(a-Ge)、マイクロクリスタルゲルマニウム(μc-Ge)、アモルファスシリコン系合金等をあげることができる。

また、セラミックは起歪体に必要とされる十分なヤング率を有する。たとえば、金属のアルミニウムと、セラミックとしてのアルミナとを比較し

て見ると、アルミニウムではヤング率は $0.41 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ であるが、アルミナではヤング率は $3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ であり、アルミナが起歪体材料として十分に使用可能であることを示している。また、セラミックは、金属に比して熱膨張率、熱伝導率も小さいので、セラミックにより起歪体を構成することにより、熱に影響されにくい力検出素子の実現が期待される。

また、絶縁性起歪体の作製は焼結で行なえばよく、型さえあれば、切削等の後加工が殆ど不要ないしは簡便化され、また絶縁処理の必要がない。従って、絶縁性起歪体をセラミックとすることにより力検出素子の製造を大幅に容易化できる。

焼結材料としては一般には金属酸化物、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ (アルミナ)、 $\text{MgO}$ (マグネシア)、 $\text{ZrO}$ (ジルコニア)等を用いるが、いずれにせよ、高純度のセラミック材料を用いねばならない。

高純度の材料でないと、アルカリイオンの不純物が含有されており、このようなもので起歪体を構成した場合、その表面に歪センサーを覆着、パ

はアルミニウムにより構成されている。

第1図に、符号 $X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2, Z3, Z4, MX1, MX2, MY1, MY2, MZ1, MZ2$ で示す部分は歪センサーを示している。ビーム $12B, 12C, 12D$ の、第1図では隠れている面にも、所定位置に所定個数の歪センサーが設けられている。

第1図下面のように $X, Y, Z$ 軸を定めると、第1図の力検出素子により、この素子に作用する力 $F$ の $X, Y, Z$ 方向の成分 $FX, FY, FZ$ 、および、素子に作用するモーメント $M$ の各成分 $MX, MY, MZ$ を検出できる。因に、歪センサー $X1, X2$ および、第1図に示されていない歪センサー $X3, X4$ は $FX$ を検出するためのものであり、歪センサー $Y1, Y2, Y3, Y4$ ( $Y3, Y4$ は第1図に示されていない)は $FY$ を検出するものであり、歪センサー $Z1, Z2, Z3, Z4$ は $FZ$ を検出するためのものである。

また、歪センサー $MX1, MX2$ は $MX$ を検出するためのものであり、 $MY, MZ$ の検出には歪センサー $MY1, MZ1$ 等が用いられる。

第2図は、第1図に示す例において、リード部

ターン化する場合、上記不純物が歪センサーに混入して特性を劣化させる虞れあるからである。

以下、図面を参照しながら具体的に説明する。

第1図は本発明による力検出素子の具体的な形態の一例を斜視図によって示している。第1図に示す力検出素子において、符号10で示す平板状の部分を絶縁性起歪体の基部、符号12A, 12B, 12C, 12Dで示す柱状部分をビーム、符号14で示す十字型の部分をダイアフラムと称する。

力検出素子の構成要素としての絶縁性起歪体はセラミックで構成され、特に、この実施例においては、高純度のアルミナを $1800^\circ\text{C}$ で焼結したものである。焼結時間は、一般に、この温度下では1～2時間が適当である。

さて、かかる絶縁性起歪体の表面に歪センサーとリード部とを含むパターンが薄膜技術により形成されている訳である。歪センサーはピエゾ抵抗体薄膜により形成され、リード部は高導電性薄膜で形成される訳であるが、この実施例では、歪センサーはアモルファスシリコンにより、リード部

と歪センサーとの関係を示している。ただし、図があまり窮乏となるのを避けるため、 $FX, FY, FZ$ 検出用の歪センサー $X1, X2, \dots, Z3, Z4$ と、これらに関連するリード部のみを示した。第2図に示されていない歪センサー $MX1$ 等のリード部は、歪センサー $X1$ 等のリード部と重なり合う部分があるが、かかる部分では互いに絶縁されていることはいうまでもない。

リード部は、結線部分と、端子部 $TX, TY, TZ$ とからなる。各端子部 $TX$ 等はそれぞれ4つの部分からなり、そのうちの2個は電源への接続用であり、他の2個が検出出力用である。リード部を構成するのは高導電性薄膜であるが、該実施例では、この高導電性薄膜の材料は前述の如くアルミニウムである。他の材料としてはクロム、ニッケルクロム合金が好適である。

$FX$ 等の力の成分の検出や、 $MX$ 等、モーメントの成分の検出等については、すでに良く知られているので、その詳細な説明については他の公知文献にゆずり、ここでは、簡単に $FX$ と $FZ$ の検出につい

て手短かに説明する。

第3図(I)は第1図に示す力検出素子を上方から見た図を示す。なお、モーメント検出用の歪センサーX1等の図示は省略されている。

歪センサーX1, X2, X3, X4, Y1, Y2, Y3, Y4は、各ビームの所定の面に、第3図(I)の如くに配置されている。センサーX1とX2, X3とX4, Y1とY2, Y3とY4は、それぞれ、第3図(I)の図面に直交する方向へつらなるように配置されており、したがって、これらの対のうちの一方は、他方のかげになって図にあらわせないで、図に現れていない歪センサーの符号が括弧に入れて示してある。

第3図(I)の状態を、同図下方(Y方向)から見た状態を第3図(II)に示す(この図では歪センサーY1, Y2の図示が省略されている)。

今、第3図(II)に示す状態において、力検出素子に図の右方から、X方向の力FXが作用すると、起歪体は第3図(III)の如くに変形する。起歪体のこの変形に伴って、起歪体に一体的に形成された歪センサーX1, X2, X3, X4にひずみが生ずる。こ

のとき、歪センサーX1, X4のひずみは“のび”であり、歪センサーX2, X3のひずみは“ちぢみ”である。歪センサーX1ないしX4は電気抵抗体であって、その抵抗値は起歪体にひずみが発生していないときは互いに等しい。対称性からして、上記“のび”と“ちぢみ”のひずみ量は絶対値としては互いに等しい。

歪センサーX1, X2, X3, X4は、第3図(IV)に示すように、ホイートストーンブリッジに、リード部によって回路構成され、起歪体の力FXによる歪みは、歪センサーX1等の抵抗変化により出力電圧Vとして検出される。従って、この出力電圧Vに対応させて力FXを検出できる。なお、上記のように、4つの歪センサーX1ないしX4をホイートストーンブリッジに組んで、力検出を行なうと、歪センサー1個を用いる場合に比して四倍の出力を得ることができ、それだけ高精度で検出を行なうことができる。

このため、第1図に示す力検出素子では、力成分FXのみならず、FY, FZの検出、モーメント成分

MX, MY, MZの検出もすべて、対応する歪センサーをホイートストーンブリッジに組んで高精度の検出を行なっている。

力FYの検出は上に説明したFXの検出と全く同様である。

次に、FZの検出につき説明すると、第3図(I)に示すように、歪センサーZ1, Z3の対と、歪センサーZ2, Z4の対とは、十字型ダイアフラム14の中心からの配設距離が異なる。従って、十字型ダイアフラム14の中心に力FZが作用して、十字型ダイアフラム14が、第4図の如く変形すると、歪センサーZ1, Z3では、ちぢむ方向の変形が生じ、歪センサーZ2, Z4では、のびの方向の変形が生ずるので、これを利用して力FZを検出できる。

力検出素子の形態は、第1図に示す如きものに限らず、第5図に示す如きものも可能であり、また、公知の種々のものが本発明の力検出素子として実現可能である。第6図において、符号X11, X12, Y11, Y12, Z11, Z12, Z13, Z14は歪センサーを示す。結線用のリード部は図が簡潔になるの

を防ぐため、第5図に図示されていない。

なお、絶縁性起歪体上に、歪センサー、リード部を形成するには、まず絶縁性起歪体表面に、ビエゾ抵抗体薄膜、例えばアモルファスシリコンの薄膜を形成して、この薄膜を所定の歪センサーの配設形状にあわせてパターンニングし、さらに高導電性薄膜を形成したのち、これをリード部の形状にパターンニングすればよい。

ビエゾ抵抗体薄膜や、高導電性薄膜を形成するには、公知の薄膜技術で行なえばよく、パターンニングを行なうには、例えば、フォトリソ法や、イオンビームデポジット方式で、薄膜形成とパターンニングを同時に行なうこともできる。

(効果)

以上、本発明によれば新規な力検出素子を提供できる。

本発明の力検出素子は、起歪体がセラミックで構成されるため、従来の金属製起歪体に比して作製が容易であり、また起歪体自体が絶縁性である

ので、絶縁処理の必要がない。また、歪センサー、リード部はいずれも絶縁性起歪体にパターンニングされるので、力検出素子をコンパクトかつ容易に作製でき、製造コストも低減化される。また、歪センサーとしてピエゾ抵抗体薄膜を用いるので、検出精度もよい。

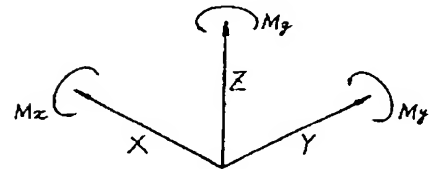
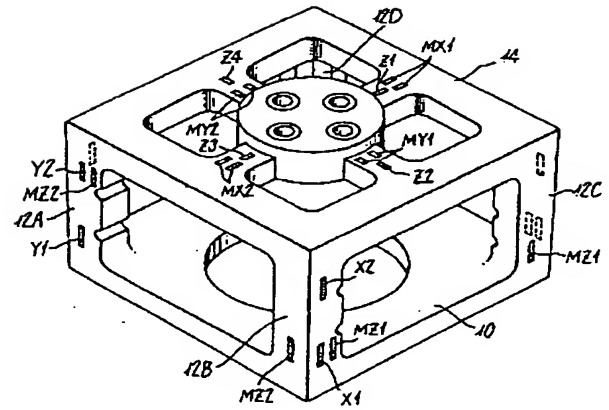
### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例につき、絶縁性起歪体と歪センサーの配置を示す斜視図、第2図は上記実施例における分力検出用歪センサーとそのリード部を示す斜視図、第3図ないし第4図は力検出を説明するための図、第5図は、本発明の別実施例につき絶縁性起歪体と歪センサーとを示す斜視図である。

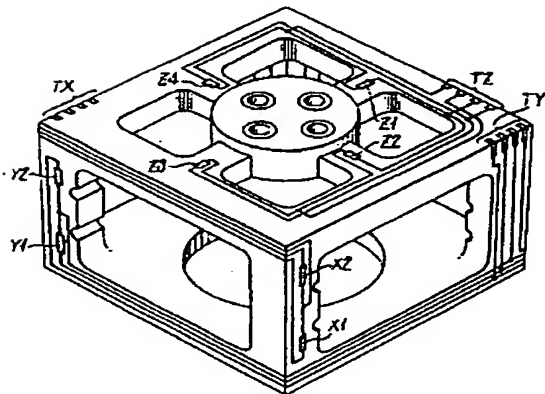
10・・・絶縁性起歪体の基部、12A、12B、12C、  
12D・・・絶縁性起歪体のビーム、14・・・絶縁性起歪  
体の十字型ダイアフラム、X1、X2・・・歪センサー、  
100・・・絶縁性起歪体。

代 理 人 韓 山

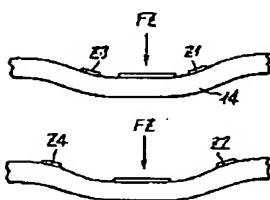
本 多 草



第 2 回



第 4 回



第 5 回

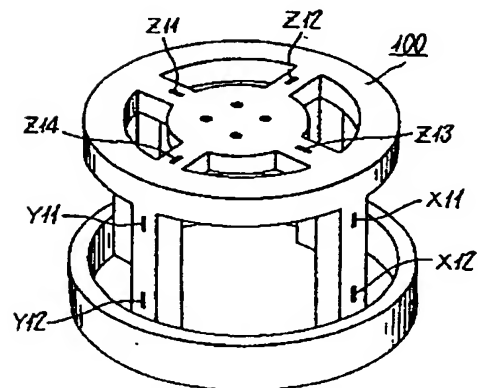
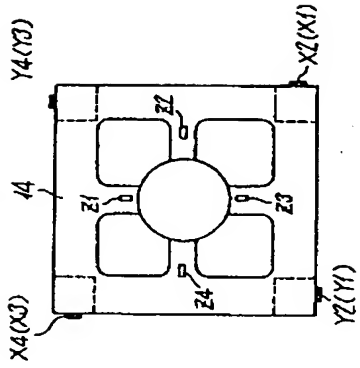
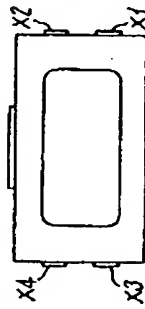


図3

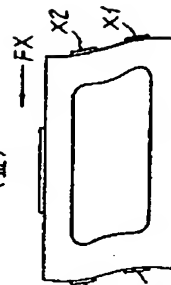
(I)



(II)



(III)



(IV)

